北京嘉利来世贸中心基坑条桩支护工程设计

丛蔼森
（北京市水利工程基础处理总队，100094）

提　要　本文阐述用条形桩做为深基坑支护的设计要点。条桩抗弯能力强，不必设置腰梁，施工方便快捷。另外采用条桩间高喷板墙止水和基坑打浅层渗井的方法，能很好地解决基坑地下水承压和坑底稳定问题。

一　概　述

本文阐述用条桩做为基坑支护结构的设计施工要点。

从理论上讲，在截面面积一定的条件下，矩形(条形)截面的抗弯能力要比圆形截面大，因此用条形桩代替圆桩来做为深基坑支护结构，更有其优越性。

从我们对条桩所做的静载和动载试桩结果来看，条桩承受侧摩阻力更大，对于保持基坑稳定是有利的。

1997年笔首先把条桩用于北京嘉利来世贸中心的深基坑支护，取得了较好效果，现介绍如下：

本工程座落在北京市东三环北路与新源南路交叉口的西北角。北临发展大厦，南面隔马路与昆仑饭店相对。

本工程是一个包括两座(34层和24层)主楼的综合商业和办公服务设施。地下设有4层商场和汽车停车场。整个建筑群的建筑面积32万m^2，基坑面积约2万m^2，采用不设永久分缝的筏板基础。

本工程的基坑采用条桩和锚杆支护体系，桩间采用高喷板墙止水。

本工程基坑周长650.5m，基坑支护面积约1.1万m^2。条桩(支护桩)共196根，断面尺寸为2.5×0.6m，桩深17.6～21.5m，支护面积9316m^2，混凝土方量为5840m^3，钢筋(材)624t。高喷(摆喷)板墙196段，使用水泥590t。条桩内设2～3层锚索，共844根，总长18260m。

二　地质条件和周边环境

在地表以下30m以内，基本上是粉质粘土、粘质粉土和粉砂、粉土的互层地层。基坑坑底深度13.0～17.5m，分布有多层粉砂和粉土层。

本工程所在地区的地下水可分为台地潜水、层间潜水和潜水(微具承压)。

本工程地处繁华地带，其地下结构外墙与周围建筑物相距很近，在施工过程中尚不能将其拆除，给本工程基坑支护施工带来不少麻烦。本工程红线以外的地方不能占用，所有的临时设施和施工平台都必须在红线围墙之内。

三　基坑支护设计

1. 为什么不用三合一地连墙？

本工程地下室外墙承受上部荷载，使用三合一地连墙是可能的。笔者曾与设计单位多次协商，终因本工程的特殊状况即水平向受力钢筋太粗、太多而未采用三合一地连墙。

2. 为什么采用条桩支护？

本工程的基坑深度 13.5～17.5m，这在软土地区也是比较深的基坑，使用常规的基坑支护方法，难以满足要求。如采用地连墙做临时支护，则工程造价太高而无法中标。

在此情况下，笔者根据使用条桩做工程承载桩的经验，提出用条形桩做为基坑支护的设施并付诸实施，主要特点是：

(1)采用断面尺寸为 2.5×0.6m 的条桩，深度 17.6～21.5m，条桩间净距 0.8m(个别达到 1.7m)，采用 2～3 层预应力锚索做水平支撑。

(2)条桩之间的上体用高压旋喷灌浆方法加以封堵。

(3)由于条桩的抗弯能力强，所以不必为锚杆设置水平腰梁。

(4)与地连墙相比，条桩钢筋笼加工、运输和吊放都比较省事。也不需吊放和起拔接头管。要知道，本工程 80%以上的周边导墙上都没有放置接头管顶升器的地方。

3. 条桩和锚杆设计要点

根据基坑深度、地质条件和上部荷载的不同，把基坑支护分为四种进行计算和设计。

计算数据：土层 $\Phi=32°$，$C=0$，$r=2.0\ t/m^3$，地面 $q=2.0t/m^2$。

计算情况：

(1)基坑深 $h_p=16.3m$，计算墙深 18.0m，墙厚 0.6m，锚杆 2 层

(2)基坑深 $h_p=14.7m$，计算墙深 16.0m，墙厚 0.6m，锚杆 2 层

(3)基坑深 $h_p=18.0m$，计算墙深 20.5m，墙厚 0.8m，锚杆 3 层。

计算模式：弹性抗力法和 m 法。

其中锚杆分别位于桩顶以下 6.6m，11.6m 和 15.6m 处。第一层设计拉力 72t，第 2 层 90～115t，第 3 层 100t/根，倾角 20,16°

4. 断面设计

计算弯矩采用以下数据：内侧 40.0t·m，外侧 30.0 t·m。

由于条桩所承受弯矩不大，所以决定桩的断面尺寸为 2.5×0.6m，可满足设计要求。

另外，为了便于锚杆施工，每根条桩上预先埋设 Φ158mm 钢套管，每桩两～三层锚。索安全系数为 1.4，另外考虑受力不均匀系数为 1.20。由此可以求得锚索设计参数。在施工现场进行了 3 根锚杆的现场张拉试验。

5. 局部支护设计

(1)香港美食城段

为了在香港美食城正常营业情况下，进行基坑支护工程施工，设计把此段地下室外墙向内侧移动了 570mm。此段采用了密排条桩方案，各条桩之间净距 0～20cm。条桩完工后，在桩间做高喷防渗处理。这样此部份不必考虑降水措施。为控制基坑顶部位移，采用了三层锚索。

(2)水源八厂段

此段位于 1 号楼的西面。此段地下室外墙皮到水源八厂围墙的墙垛面只有 58cm。这段基坑支护最后也采用了条桩方案，其外皮净距只有 5cm。每两个墙垛之间布置一根条桩，桩间净距 0.45～0.80m。为了保证施工安全，将帽梁顶提高 1.4m，即在现地面上施工。此外，为了避免围墙在挖槽期间失去稳定，巧妙地把其拱跨下的土掏出，浇筑了钢筋混凝土，效果很好。为了减少基坑顶部位移，也设置了三层锚索。

桩间土体采用旋喷(360°)方法进行处理，以形成较厚防渗体，提高防渗效果。

(3)建设银行段

建设银行为一个四层砖混结构，底板下原有深约 8m 的桩基，但新基坑在此处深达 17.5m，使老桩悬空；又因不能拆迁，而突出于基坑之内 1.9m，使其两端成为阳角，容易造成坍塌。为此将两个阳角的条桩即 56 和 57.65 和 66 分别连接成角槽形地连墙，而在中间部位布置 7 根条桩，净距 1.03m，桩间采用高喷板墙止水。

抓斗挖槽时，其高压卷轮外缘与楼房外墙相隔仅 10cm，施工难度很大。

四　桩间防渗与基坑降水

1. 概况

根据第二期地质报告和补充钻探以及抽水实验结果证实，本工程地下水呈承压状态，局部地段已高出基坑底部。此时无法再采用原来在基坑周边和内部抽水的方案。由于基坑上部存在的台地潜水和层间潜水位于粘性土层中，降水比较困难。综合考虑以上因素，笔者提出在条桩间建造高喷(摆喷)防渗板墙和基坑内部打浅井抽水的方案，得到业主、监理和总包单位的认可。

所谓高喷防渗板墙就是利用高压喷射灌浆设备在两条桩之间形成一道水泥土防渗薄墙。

2. 高喷防渗板墙设计

(1)顶部高程 35.0～36.0m(帽梁底)，底部深入不透水层(粉质粘土)内 1.0～1.5m，但不得穿透此不透水层。

(2)摆喷角：一般 20°～30°，采用 180° 喷咀(两个)；局部地段的盖梁已经施工，钻孔则布置在条桩内侧，利用 90° 的两个喷咀进行喷射灌浆。

(3)最小的板墙厚度应大于 15cm，渗透系数≤10^{-6}～10^{-7}cm/s。

(4)水泥浆液水灰比 1∶1～1∶0.75，容重 1.55～1.75t/m^3。

实际建防渗板墙 196 段。

3. 基坑降水

在基坑内部打一些浅的渗井，把上部两层潜水渗到基坑底部，再把它们抽出基坑外。

但是这些浅井不得穿透基坑下面的不透水层，以防止承压地下水涌入基坑或顶破隔水层。

施工过程中共打了 2 3 眼浅渗井，降水效果不错，达到了原来预想的要求。

这种桩间防渗和基坑内浅渗井方案，很有特色，值得有相似条件的基坑工程参考应用。

五　施工要点

本工程条件复杂，施工难度大。主要施工过程如下：

1. 三通一平和临时设施准备工作。2. 条桩施工。3. 高喷防渗板墙施工　4. 基坑渗井施工和运行。5. 基坑开挖和锚杆施工。6. 特殊地段施工和处理。

六　工程质量和效果

本基坑已经历两年的实际考验，至今未产生大的位移和变形。实测基坑顶部最大位移 14mm(北边)，一般 3～6mm。即使在 1 号楼用柴油锤打 Φ400 预制桩期间，与圆桩相距仅 40cm 的东侧条桩支护墙顶也仅位移 2～3mm，属弹性变形范围之内。